

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

Patentavdelningen

BEST AVAILABLE COPY

PCT / SE 2004 / 000058

**Intyg
Certificate**

REC'D 03 FEB 2004

WIPO

PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Alstom Power Sweden AB, Finspång SE
Applicant (s) Norsk Hydro ASA, Oslo NO

(21) Patentansökningsnummer 0300131-0
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2003-01-20
Date of filing

Stockholm, 2004-01-21

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Sonia André
Sonia André

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN**

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

70058SE00

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -01- 2 0

Huvudfaxen Kassa

Styrning av gasturbin med MCM-reaktor

TEKNISKT OMRÅDE

5 Uppfinningen hänför sig till en gasturbin där förbränning av ett bränsle sker i en trög reaktor, d. v. s. en reaktor som inte kan styras snabbt vid laständringar genom t ex styrning av bränsletillförsel. Speciellt avser
10 uppfinningen en anordning och en metod för att styra en gasturbin vid olika driftfall vid användning av en sådan reaktor.

TEKNIKENS STÅNDPUNKT

15 En speciell gasturbinbaserad kraftgenereringsprocess föreslås utnyttja ett koncept känt under förkortningen AZEP, vilket står för det engelska begreppet Advanced Zero Emissions Power Plant. I denna process
reduceras lokala och globala emissioner på ett kostnadseffektivt sätt. I
den innovativa cykel som processen bygger på är det möjligt att reducera
20 utsläppen av koldioxid CO₂ med 100%. Genom en del kompletteringar kan konventionell luftbaserad gasturbinutrustning utnyttjas för kraftgenereringen. Förlusten i anläggningseffektivitet blir mindre än 2 procentenheter. Nyckeln till att nå dessa mål är utvecklingen av en reaktor
integrerad med en gasturbin, där syre, O₂, separeras från luften i
25 reaktorn, så att en förbränning av ett bränsle kan äga rum i en kvävefri omgivning.

30 AZEP-konceptet beskrivs inte ytterligare i detta dokument, eftersom konceptet framlägger en känd process. Som ett exempel på känd teknik hänvisas här till en artikel från: "Second Nordic Minisymposium on Carbon Dioxide Capture and Storage" i Göteborg, 26 oktober, 2001 med titeln: "AZEP - Development of an Integrated Air Separation Membrane - Gas

PL70058SE00

2

2003 -01- 2 0

20.01.2003

Huvudförfattaren Kesson
Turbine" med författarna Sundkvist, Griffin, Thorshaug. Allt som är
beskrivet i nämnda artikel inkorporeras härmed i föreliggande skrift.

- I AZEP-konceptet föreslås en process för kraftgenerering med nollutsläpp.
- 5 En lösning på detta tillhandahålls genom nyttjande av ett så kallat MCM-membran, från engelskan Mixed Conducting Membrane. Detta membran producerar rent syre från luft. Forskning kring dessa syre-selektiva membran har ökat kraftigt under senare år. MCM-membranen byggs upp av komplexa kristallina strukturer, som innehåller vakanser av syrejoner.
- 10 Principen för transport av syrejoner genom ett membran är adsorption på ytan följt av sönderfall till joner, som transporteras genom membranet genom ett sekventiellt besättande av jonvakanser. Jontransporten är motvägd av ett flöde av elektroner i den motsatta riktheten genom membranet. Drivkraften är en skillnad mellan syrets partialtryck mellan
- 15 membranets två sidor. Transporten kräver vidare höga temperaturer, högre än 700°C.

- Integration av MCM-teknologi i kraftanläggningar kan uppnås medelst olika medel. Ett antal lösningar med skilda cykler karakteriserade av olika
- 20 cykeleffektiviteter har studerats och jämförts med existerande bästa möjliga teknologier. Man har härvid indikerat att den mest effektiva, kostnadseffektiva och lovande användningen av en MCM-reaktor är dess integration i en konventionell gasturbin. MCM-reaktorn, som kombinerar syre-separation, förbränning och värmeöverföringsprocesser, avses härvid
- 25 ersätta de konventionella brännarna i en gasturbinkraftanläggning av standardutförande, så som visas i figur 1. Gasturbinsetet och dess hjälputrustning består av standardanordningar. Figur 1 visar principiellt uppbyggnaden av det nämnda konceptet med en gasturbin som utnyttjar förbränning av metan i en MCM-reaktor. Luft förs till en kompressor C varefter den komprimerade upphettade luften förs vidare till reaktorn 1. I
- 30 reaktorn förbränns en gas, i det visade fallet metan. Värme från förbränningen höjer temperaturen på den till reaktorn förda luften, varefter den

PL70058SE00

3

2003-01-20

20.01.2003

Huvudfaxen Kassen

heta luften driver en gasturbin T. Nyttig kraft tillgodogörs genom en generator G monterad på samma axel som kompressorn och gasturbinen. Genom reaktorn i dess längd sträcker sig ett MCM-membran M. Syre transporteras genom membranet enligt figuren från den så kallade luftkretsen hos reaktor 1 mot gaskretsen hos reaktor 1. I gaskretsen förbränns gasen under reaktion med syre, varefter förbränningsgaserna, huvudsakligen koldioxid och vatten, avger värme via en värmeväxlare och sedan förs vidare till en turbin T2 som drivs av förbränningsgaserna. Vattnet och koldioxiden tas sedan om hand av icke visad utrustning efter utloppet 2.

En svårighet att överbrygga för att driva en gasturbin med en MCM-reaktor är att finna en lösning på hur anläggningen skall styras. Vid en konventionell gasturbin styrs gasturbinen enkelt genom att bränsletillförseln till en eller flera brännare mellan kompressor och gasturbin regleras alltefter lastbehov. En sådan styrning är ej möjlig med den mycket tröga reaktor som en MCM-reaktor utgör, dvs snabba förändringar av dess avgivande av effekt till gasturbinen är ej möjlig. Den föreliggande uppfinningen har till syfte att påvisa en lösning på detta problem.

BESKRIVNING AV UPPFINNINGEN

Enligt en första aspekt av uppfinningen framläggs en anordning för styrning av en gasturbin vars brännare utgörs av en reaktor som företrädesvis hålles vid konstant temperatur och där anordningen kännetecknas av särdragen enligt det oberoende anordningskravet.

Enligt en andra aspekt av uppfinningen presenteras en metod för styrning av samma anläggning enligt det oberoende metodkravet.

PL70058SE00

4

2003-01-20

20.01.2003

Huvudfaxen Kassa

Genom att anordna AZEP-reaktorn skild från gasturbinen är det möjligt att åstadkomma en snabb separation av gasturbinen från reaktorn med avseende på last.

- 5 Det generella syftet med uppfinningsaspekterna är att temperaturen hos reaktorn skall hållas stabil helt enkelt genom att uteffekten från reaktorns brännare styrs och att även massflödet genom gaskretsen (eng. sweep circuit) i reaktorn styrs. Trycket i gaskretsen hålls på konstant nivå relativt trycket i reaktorns luftkanaler. Detta åstadkommes medelst en
- 10 styrning av det ordinarie gasutsläppet och, i extrema situationer, en gasavblåsningsventil. Om tryckökningen från gasturbinens kompressor är snabbare än vad som kan åstadkommas genom bränsleinmatning i gaskretsen måste extra ånginsprutning i reaktorn övervägas.
- 15 Turbinen och dess kompressor styrs medelst de konventionella avblåsningsutloppen och de vridbara ledskenorna i kompressorn och genom styrning av inloppstemperaturen till turbinen. Temperaturen styrs enligt uppfinningsaspekten medelst ett ventilset som styr en blandning av het luft från reaktorn och luft från kompressorn som bypassas reaktorn via
- 20 ventilsetet. Ett set av ventiler kan vara tillräckligt om flödesmotståndet för luften i dess väg genom reaktorn kan tillåtas vara sådant att temperaturen hos luften till turbinen är låg nog för alla laster när reglerventilen som bypassar reaktorn är fullt öppen. Om flödesmotståndet genom reaktorn är för lågt måste ett extra ventilset anordnas i den kalla luft-
- 25 vägen till reaktorn.
- En väsentlig fördel med att kunna kvarhålla reaktorn vid den höga temperaturen under styrning av anläggningen förutom den tröghet man har i reaktorn är att det blir möjligt att utvinna syre ur luften till förbränningsprocessen i gaskretsen, utan att extra syre behöver föras till, vilket
- 30 blir nödvändigt om temperaturen i reaktorn sänks vid försök att styra anläggningen med hjälp av förändringar i driften av reaktorn.

PL70058SE00

5

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -01- 2 0

20.01.2003

Huvudfaxen Kassa

Ytterligare exempel på funktionen hos den visade styrningen av
gasturbinen och dess användning vid olika driftfall presenteras under
utförandeexemplen nedan.

00001310

PL70058SE00

6

Ink. t. Patent- och reg.verket

20.01.2003

FIGURBESKRIVNING

2003 -01- 2 0

Huvudfaxen Kassan

Fig. 1 visar en gasturbinanläggning med en MCM-reaktor föreslagen i känd teknik.

Fig. 2 visar schematiskt och symboliskt en principskiss över hur en gasturbinanläggning enligt aspekterna i uppfinningen är anordnad.

Fig. 3 åskådliggör en gasturbinanläggning enligt uppfinningen med de olika gasflödena vid gasturbin och reaktor tydligare illustrerade.

EXEMPEL PÅ UTFÖRANDEN

Uppfinningen beskrivs i det följande med stöd av de bifogade figurerna. En anordning i form av en gasturbinanläggning som styrs enligt uppfinningsaspekterna visas i den tidigare beskrivna figuren 1.

Anordningen för styrning av anläggningen visas schematiskt i figur 2.

I nämnda figur representerar C en kompressor för komprimering av luft, som efter kompressionen med högre tryck och högre temperatur förs vidare till en MCM-reaktor 1 enligt känd teknik. I reaktorn 1 förbränns ett bränsle, i detta fall metangas. Reaktorn innefattar en värmeväxlare som avger värme från gaskretsen i reaktorn, via det membran M som delar reaktorn i en gaskretssida och en luftkretssida, till luften i luftkretsen.

Temperaturen på luften höjs härvid till omkring 1250°C. Denna upphettade luft driver gasturbinen T. För att kunna styra anläggningen på ett säkert sätt och vid olika typer av driftfall anordnas enligt uppfinningsaspekten en reglerventil V parallellt med reaktorn 1. Reglerventilen V placeras företrädesvis vid luftkretsens kalla sida. Reglerventilen V kan sålunda användas för att kortsluta luftflödet över reaktorn 1. Det blir härigenom möjligt att styra temperaturen vid inloppet till gasturbinen T

PL70058SE00

2003-01-20

20.01.2003

Huvudfaxen Kassen

helt inom det temperaturintervall som bestäms av den lägre temperaturen vid kompressorns C utlopp och den högre temperaturen vid reaktorns 1 utlopp, som normalt hålls vid ca 1250°C. Det är som nämnt fördelaktigt att hålla processen i reaktorn vid väsentligen konstant hög temperatur.

5 Härigenom kan driften av reaktorn frikopplas från själva styrningen av lastuttaget från gasturbinen. Genom att medelst reglerventilen V blanda den svalare luften från kompressorn C med den heta luften från reaktorn 1 styrs lasten hos gasturbinen T på önskvärt sätt.

10 I figur 3 visas tydligare gas- och luftflödena genom anläggningen enligt uppfinningen. Den komprimerade luften från kompressorn C leds i reaktorn 1 genom en kärna 3 som innehåller membranet M. Detta membran innefattar ett stort antal parallella porliknande kanaler för dels luft och dels gas. Varje luftkanal omges av gaskanaler och vice versa. Den
15 ovan beskrivna processen för transport av syre från luft till gas sker i materialet mellan luft- och gaskanalerna. Kärnan 3 innefattar även en värmeväxlare VVX som överför värme från den heta gasen till luften, så att luften härvid värms till ca 1250°C innan den heta luften förs vidare till turbinen T. Den heta gasen alstras i en eller flera brännare 4 som är
20 inkluderade i reaktorn 1. I det visade exemplet utgörs gasen av metan som förbränns i brännaren 4. Genom brännaren 4 löper även en gaskrets 5. Gasen i denna gaskrets 5 alstras i brännaren 4, varefter den heta gasen avger värme via värmeväxlaren VVX i kärnan 3 i reaktorn 1. Genom tillskott av syre via membranet M från luften i luftkretsen blir gasen i gaskretsen syreberikad och kan underhålla förbrännningen i brännaren 4 dit gasen leds från kärnan 3. Gasen har efter avgivande av värme kylts till ca 450°C innan den når brännaren 4. Förbrukad gas leds även av via en ledning 6 till den i figur 1 visade turbinen T2 där ytterligare värme tillvaratas, varefter gasen transporteras vidare för omhändertagande av
30 dess innehåll av koldioxid och vatten. I figuren visas även en gasavblåsningsventil 7 för avblåsning av gas från gaskretsen. Vidare visas även en luftavblåsningsventil 8 för avblåsning av luft från luftkretsen.

PL70058SE00

8

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -01- 2 0

20.01.2003

Huvudfaxen Kassa

Ett antal olika driftsfall för anläggningen presenteras nedan.

5 Vid laständring måste temperaturen i gaskretsen i reaktorn hållas vid konstant full temperatur. Massflödet i reaktorns gaskrets hålls så att värmekapacitetsflödet i gaskretsen är lika som värmekapacitetsflödet i reaktorns luftkrets.

10 Vid heta stopp av anläggningen, där man inte behöver ha tillgång till reaktorn, isoleras reaktorn 1 från turbinen T. Detta görs genom att luftflödet över reaktorn kortsluts utanför reaktorn genom att reglerventilen V öppnas helt. Ett litet luftflöde upprätthålls fortfarande genom reaktorn i avsikt att hålla temperaturprofilen för reaktorn uppe och för att hålla brännare vid inloppet till till gaskretsen vid full lasttemperatur.

15 Stopp av reaktorn 1 kan åstadkommas på flera olika sätt. Ett panikstopp av denna, som t ex en följd av en turbinkrasch, kan åstadkommas genom att turbinen isoleras från reaktorn på samma sätt som i det heta stoppet. I detta fall stängs dock reaktorn av helt enkelt genom att brännarna slås
20 av. Eventuellt kan även cirkulationen i gaskretsen stoppas. Ett annat alternativ för stopp av reaktorn som tillåter snabbare access till reaktorn och dess kärna är att brännarna och cirkulationen i gaskretsen stängs av, men att turbinen gradvis drar ut värme ur reaktorn så att den följaktligen kyla.

25 Vid en gasturbintrip där ett hett stopp av anläggningen måste tillgripas öppnas reglerventilen V fullt för att inloppstemperaturen till gasturbinen T skall bringas ned och för att man snabbt ska få ned temperaturen i gasturbinen öppnas även en luftavblåsningsventil 8. Den uppfinningsenliga
30 reglerventilen V är illustrerad monterad mellan den varma och kalla sidan av luftkretsen, så som ovan beskrivits.

PL70058SE00

9

Ink. t. Patent- och reg.verket 20.01.2003

2003 -01- 2 0

PATENTKRAV

Huvudfaxen Kassa

1. Gasturbinanläggning Innefattande en kompressor (C), en turbin (T) och en MCM-reaktor (1), där luft komprimeras i kompressorn (C) och tillsammans med ett bränsle förs till reaktorn för att underhålla en förbränning och där den i reaktorn upphettade luften driver turbinen (T), **kännetecknad** av att styrning av lasten på turbinen (T) Innefattar en styrning av Inloppstemperaturen till turbinen (T) genom att het luft från reaktorn (1) blandas med luft från kompressorn medelst en mellan kompressorns (C) utlopp och gasturbinens (T) Inlopp anordnad reglerventil (V).

2. Gasturbinanläggning enligt patentkrav 1, där reglerventilen (V) är monterad i en ledning som bypassar reaktorns (1) luftkrets.

3. Gasturbinanläggning enligt patentkrav 2, där reglerventilen är monterad närmare den kallare sidan av nämnda bypassledning.

4. Gasturbinanläggning enligt något av patentkraven 1 - 3, där MCM-reaktorn (1) innefattar en luftkrets som leder luft från kompressorn (C) utmed en första sida av ett membran (M) som transporterar syre från luften till en het gas på membranets motsatta andra sida och där luften i luftkretsen vid passage genom reaktorn uppvärms av en värmeväxlare (VVX) inuti reaktorn (1).

5. Gasturbinanläggning enligt patentkrav 4, där reaktorn (1) Innefattar en gaskrets (5) som inkluderar minst en brännare (4) där bränslet förbränns och alstrar en het gas i gaskretsen och där den heta gasen leds genom reaktorn på nämnda membrans (M) andra sida för att där berikas med syre samt att den heta gasen i gaskretsen avger värme till luften i värmeväxlaren (VVX) innan den avkylda gasen förs vidare till ett utlopp (6).

PL70058SE00

10

2003 -01- 2 0

20.01.2003

6. Gasturbinanläggning enligt något av patentkraven 1 - 5, där gaskretsen innefattar en avblåsningsventil (7).

7. Gasturbinanläggning enligt något av patentkraven 1 - 5, där luftkretsen innefattar en luftavblåsningsventil (8).

8. Gasturbinanläggning enligt patentkrav 1, där reaktorn (1) hålls vid en temperatur som motsvarar full last för reaktorn.

9. Gasturbinanläggning enligt patentkrav 2, där nämnda temperatur upprätthålls genom en styrning av flödet av luft och bränsle genom reaktorn.

10. Metod för styrning av last i en gasturbinanläggning, innefattande stegen:

- luft komprimeras i en kompressor (C),
- den komprimerade luften förs genom en luftkrets i en reaktor (1) som innefattar MCM-membran (M),
- ett bränsle förs till brännare (4) i en gaskrets (5) i reaktorn (1) där en het gas bildas vid en förbränning i brännaren,
- den heta gasen bringas att avge värme till luften i luftkretsen via en värmeväxlare i reaktorn (1),
- den heta gasen berikas i reaktorn (1) med syre som transporteras via membranet (M) från luften i luftkretsen till gaskretsen,
- den i reaktorn (1) uppvärmda luften avleds till en gasturbins (T) inlopp för att driva gasturbinen och
- styrning av lasten i anläggningen åstadkommes genom styrning av en reglerventil V som medger blandning av luft direkt från kompressorns (C) utlopp med het luft från reaktorn (1), så att temperaturen på luften till inloppet till gasturbinen (T) kan styras i beroende av lastuttag hos gasturbinen (T).

PL70058SE00

11

2003 -01- 2 0

20.01.2003

- Huvudfaxen Kassan
11. Metod enligt patentkrav 10, där temperaturen vid inloppet till gasturbinen medelst reglerventilen styrs att vara mellan 450°C och 1250°C.
- 5 12. Metod enligt patentkrav 10 eller 11, där reaktorn (1) tillåts arbeta vid en temperatur som motsvarar full last vid styrning av laständringar hos gasturbinen (T).
- 10 13. Metod enligt patentkrav 10, där ett snabbt stopp av anläggningen kan åstadkommas genom att reglerventilen (V) öppnas helt, så att i det närmaste all luft från kompressorn bypassas reaktorn (1).
- 15 14. Metod enligt patentkrav 10, där ett snabbt stopp av gasturbinen (T) kan åstadkommas genom att reglerventilen (V) öppnas helt, så att i det närmaste all luft från kompressorn bypassas reaktorn (1).

PL70058SE00

12

Ink. t. Patent- och reg.verket

20.01.2003

SAMMANFATTNING

2003 -01- 2 0

Huvudfaxen Kassen

Uppfinningen visar gasturbinanläggning som innefattar en kompressor (C), en turbin (T) och en MCM-reaktor (1), där luft komprimeras i kompressorn (C) och som tillsammans med ett bränsle förs till reaktorn för att underhålla en förbränning. Den i reaktorn upphettade luften driver turbinen (T), så att styrning av lasten på turbinen (T) ombesörjs genom styrning av inloppstemperaturen till turbinen (T) genom att het luft från reaktorn (1) blandas med luft från kompressorn medelst en mellan kompressorns (C) utlopp och gasturbinens (T) inlopp anordnad reglerventil (V). (Fig. 2).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
0

1/2

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -01- 2 0

Huvudfaxen Kassa

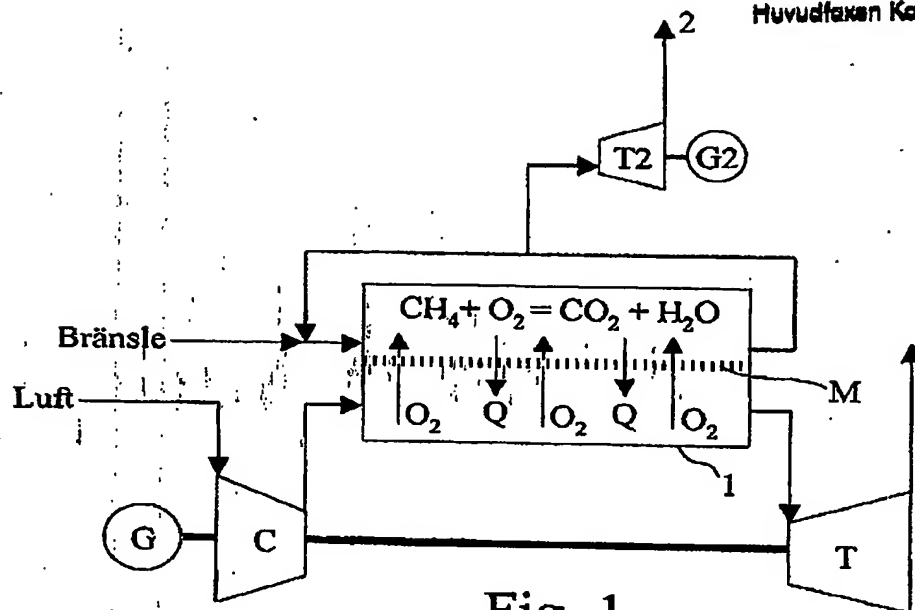


Fig. 1

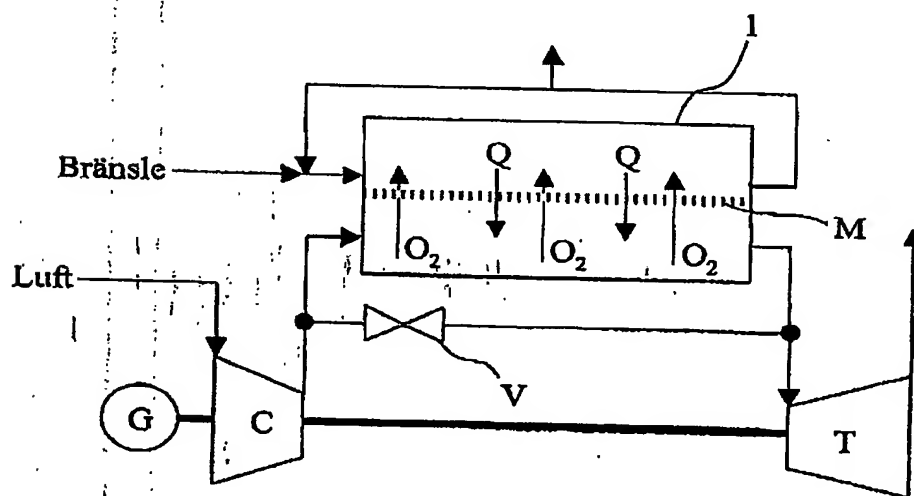


Fig. 2

2/2

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -01- 2 0

Huvudfaxen Kassa

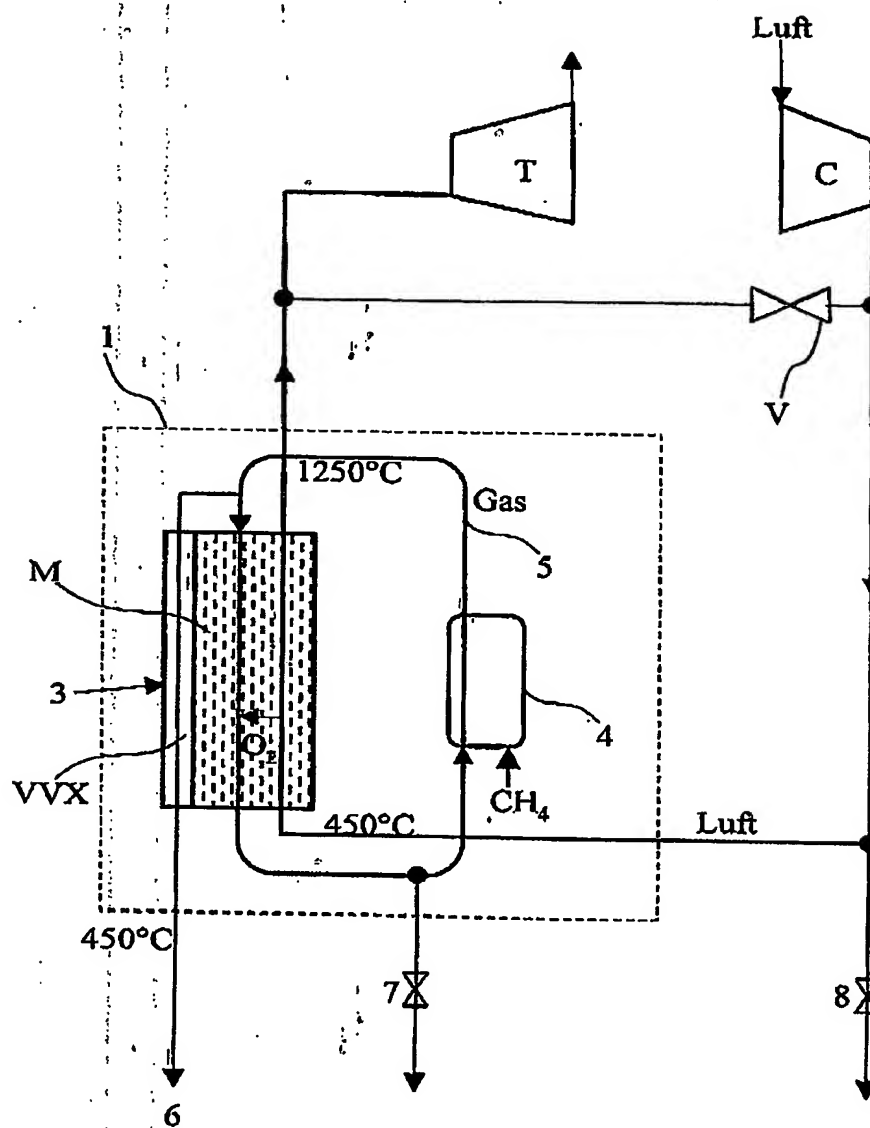


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.